

Capítulo 1

Importância do sorgo para o abastecimento de grãos, forragem e bioenergia no Brasil

*Cicero Beserra de Menezes
Evandro de Abreu Fernandes
Rafael Augusto da Costa Parrella
Robert Eugene Schaffert
José Avelino Santos Rodrigues*

Tipos de Sorgo

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta múltiplos usos, tais como a produção de grãos, forragem, vassoura, álcool e biomassa. Sua tolerância ao estresse hídrico, ciclo curto e alto rendimento têm sido as principais razões para o aumento da área plantada com este cereal no mundo. No Brasil são cultivados seis tipos de sorgo: o sorgo granífero, para produção de grãos; o sorgo forrageiro, para produção de silagem; o sorgo de corte e pastejo, para uso direto como forragem; o sorgo vassoura, para produção de vassoura artesanal; o sorgo sacarino, para produção de etanol; e o sorgo biomassa, que pode ser utilizado como fonte de energia térmica em usinas, ou para palhada no sistema de plantio direto (Figura 1).

Importância do Sorgo Granífero

A cultura do sorgo tem despontado como a principal opção para produção de grãos e forragem nas situações em que o déficit hídrico oferece maiores riscos para outras culturas, por exemplo, o milho. O avanço da agricultura no Cerrado, com seus diversos sistemas de produção, continua ampliando as possibilidades para os diferentes tipos de sorgo (Almeida et al., 2015; Menezes, 2020). O cultivo da soja, principal parceira no sistema de sucessão de culturas, avança para os estados do Norte e Nordeste, com o sorgo acompanhando tal avanço. O sistema de plantio direto ajusta-se especialmente à cultura do sorgo, por causa da excelente produção de palha.



Fotos: Cicero Menezes e Rafael Parrella

Figura 1. Tipos de sorgo mais plantados no Brasil

Em termos mercadológicos, o cultivo de sorgo granífero em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja, na chamada segunda safra, tem contribuído para a oferta sustentável de grãos de baixo custo para a agroindústria de rações e permitido o cultivo deste grão em épocas mais tardias onde o volume de chuvas esperado não é suficiente para o cultivo do milho (Landau; Netto, 2015; Menezes et al., 2018). Atualmente, em toda a região produtora de grãos de sorgo do Brasil Central, o produto mostra boa liquidez para o agricultor e preços competitivos para a indústria, que, cada vez mais, procura alternativas para compor suas rações com qualidade e menor custo.

Outra vantagem do sorgo é sua menor suscetibilidade às micotoxinas, em relação ao milho, o que confere a ele grande aceitação para composição de rações para animais domésticos, aves e suínos, que são muito sensíveis à presença dessas substâncias (Antunes et al., 2008; Assuena et al., 2008; Weber et al., 2018).

O sorgo é o quinto cereal mais plantado no globo, após o trigo, o arroz, o milho e a cevada, sendo cultivado em regiões tropicais e semiáridas (FAO, 2019). Além de ser plantado em regiões com bom regime hídrico, o sorgo possui características adaptativas para cultivo em áreas de estresse hídrico, bem superiores às destes outros cereais, o que explica o seu cultivo em milhões de hectares, em países da África, Ásia, Oceania e das Américas.

No Brasil, a área cultivada de sorgo granífero na safra 2019/2020 foi de 835 mil hectares, e a produção de grãos foi de 2,5 milhões de toneladas (Figura 2). Esta área varia conforme condições climáticas ou plantio da soja no verão. Basicamente em todas as áreas onde a soja é plantada existe sorgo também.

A soja é plantada no verão, nos meses de outubro/novembro, com colheita em final de janeiro e início de fevereiro, e subsequentemente é plantado o milho. No entanto, quando o plantio da soja atrasa, e a colheita é realizada após segunda semana de fevereiro, o recomendado é plantar sorgo. Em anos mais secos a área de sorgo cresce por ele ser mais tolerante que o milho. A produtividade nacional aumentou levemente nos últimos anos e situa-se em torno de 2.900 kg ha⁻¹.

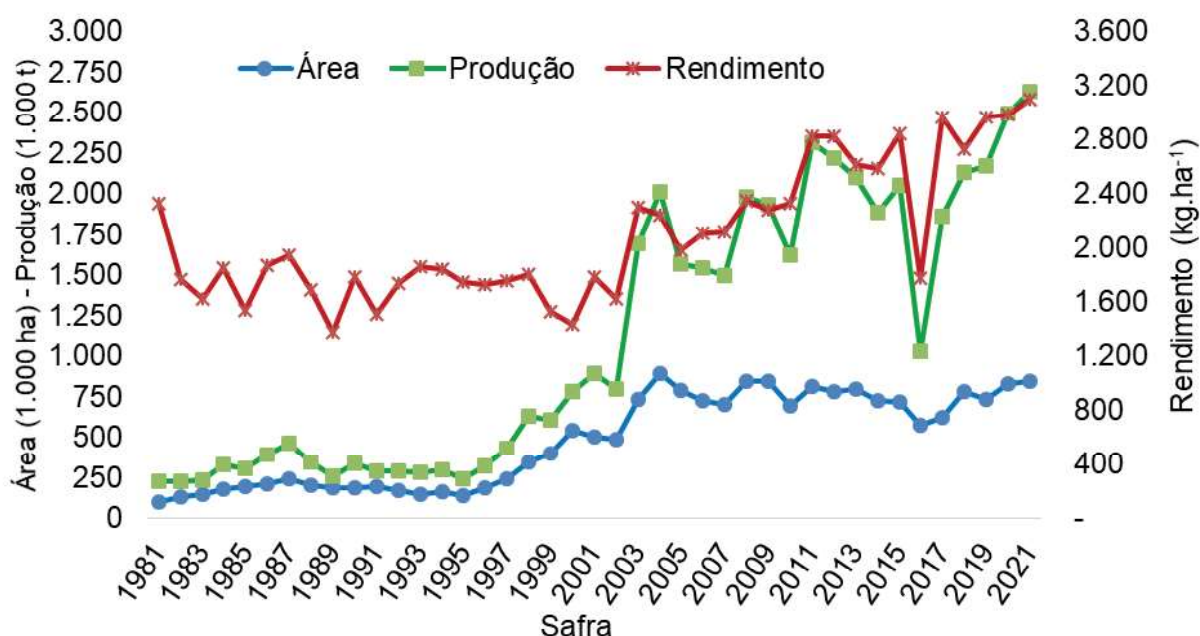


Figura 2. Série histórica de produção, área e produtividade de sorgo granífero, nos últimos 40 anos, no Brasil. 2021

Fonte: Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos (2019).

Apesar dos aumentos observados na produtividade, a média nacional está muito aquém do potencial desta cultura. Experimentos demonstram que a produtividade dos híbridos mais novos pode ultrapassar 7,0 t/ha, em condições favoráveis de safrinha (Resende et al., 2009; Menezes et al., 2015). Produtores tecnificados, que seguem orientações corretas de cultivo, levando em consideração época adequada de semeadura, adubação de solo, uso de fungicidas e de cultivares adaptadas, têm conseguido esse teto superior.

As regiões Centro-Oeste e Sudeste respondem por 88% da produção nacional de sorgo, mas as regiões Sul, Norte e Nordeste também têm mostrado investimentos em pesquisa e divulgação da cultura. Goiás é o principal estado produtor, com 45% da produção nacional, seguido por Minas Gerais (33%). Os estados de Mato Grosso e Bahia são importantes produtores de sorgo também. Nos últimos anos com o avanço da soja em novas fronteiras agrícolas, como Tocantins e Piauí (Matopiba), o sorgo tem avançado junto.

No Brasil Central, o sorgo é plantado em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja, na segunda safra, nos meses de fevereiro e março. Na região Sul, o sorgo é plantado na primavera, outubro/novembro, e colhido no outono. E no Nordeste, a cultura é plantada em março/abril. Uma característica comum a todas estas regiões de cultivo é o plantio de sequeiro. Nestas áreas produtoras, mais de 95% utilizam híbridos simples. Somente algumas poucas áreas no Sul e Nordeste trabalham com variedades. Considerando essas informações, as empresas de sementes têm dedicado esforços no desenvolvimento de híbridos mais produtivos para a segunda safra. Esta época de semeadura é muito propícia a veranicos longos, principalmente no final do ciclo da cultura, sendo importante o plantio de cultivares mais precoces que tenham o enchimento de grãos antes do final das chuvas. Cultivares tardias são recomendadas somente para cultivo no início da safrinha.

Sorgo Grão na Alimentação Animal

As principais fontes de energia nas rações de animais são os grãos com maior concentração de amido, como o milho e o sorgo. No Brasil, para compor uma ração, o grão de milho é o principal componente, com participação média de 60% nas rações dos frangos de corte e de poedeiras e 65% nas rações de suínos, representando um fornecimento de cerca de 2.030 kcal de energia metabolizável nas rações avícolas e 2.170 kcal de energia metabolizável nas rações de suínos (Fernandes et al., 2014b).

Como alternativa ao milho, tem-se o grão de sorgo. O custo do grão de sorgo na alimentação animal é, em média, 25% inferior ao do milho, enquanto seu valor biológico, medido na forma de energia metabolizável, alcança pelo menos 95% do valor do milho. O sorgo representa, portanto, uma alternativa importante para o abastecimento do mercado de grãos, e, por suas características nutricionais, tem sido pesquisado como ingrediente energético alternativo ao milho (Fernandes et al., 2014a; McCuistion et al.,

2019).

O sorgo pode substituir o milho em 100% na composição de rações para animais, em especial aves (Fernandes et al., 2014a, 2014b). Comparando-se ao milho, o sorgo possui valor energético de 95% para aves e galinhas, e 100% para suínos e porcas (Figura 3) (Rostagno et al., 2017). A substituição do grão de milho pelo de sorgo nas rações pode representar considerável redução de preço final da carne e ovos, podendo aumentar o lucro do produtor.

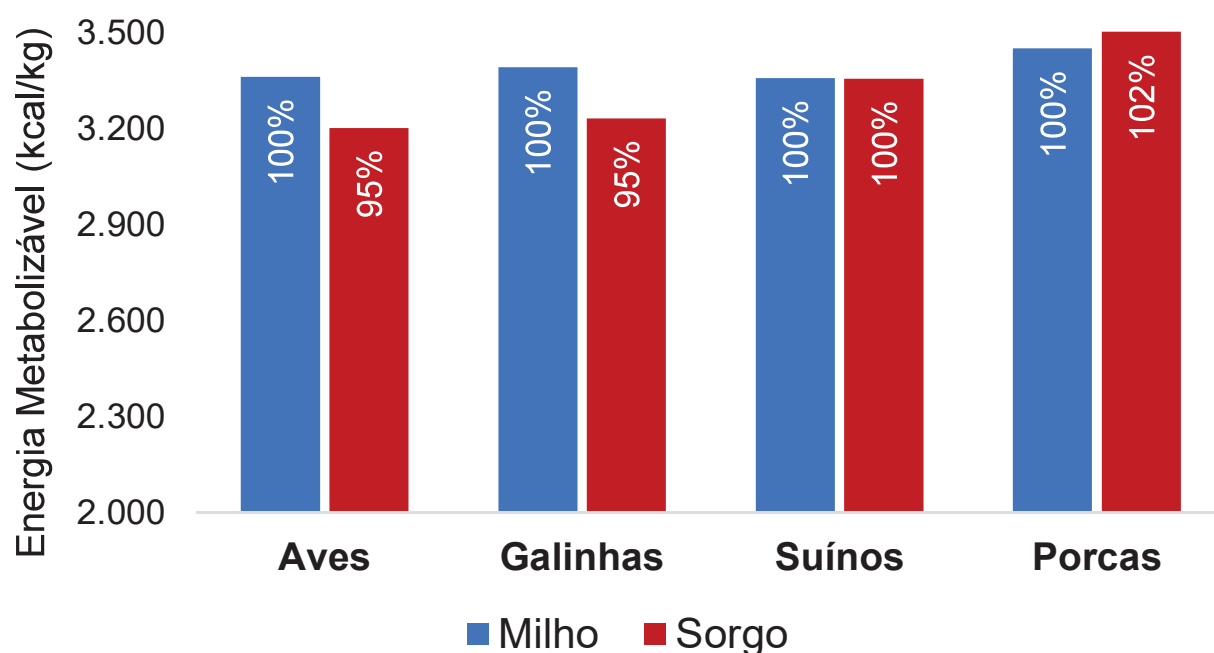


Figura 3. Energia metabolizável de grãos de milho e sorgo para aves, galinhas, suínos e porcas.

Fonte: Rostagno et al. (2017).

A utilização do grão de sorgo na alimentação animal evoluiu bastante nos últimos anos, principalmente pela considerável redução dos custos na ração, baixa contaminação por micotoxinas e pelo elevado desempenho zootécnico dos animais. Estudos da substituição do milho pelo sorgo foram feitos em frangos de corte (Diniz et al., 2002; Garcia et al., 2005, 2013; Fernandes et al., 2014b; Carvalho et al., 2015), em galinhas poedeiras (Reis, 2004; Assuena et al., 2008), codorna (Moura et al., 2010), perus (Ambrósio, 2014), suínos (Fialho et al., 2002; Antunes et al., 2008), bovinos (Passini et al., 2003; Balogun et al., 2005; Igarasi et al., 2008) e equinos (Gobesso et al., 2008), e concluíram que o sorgo pode ser utilizado em substituição ao milho, sem prejuízos ao desempenho dos animais ou da produção de ovos.

Estas pesquisas têm favorecido a comercialização do grão de sorgo, havendo hoje no mercado empresas realizando contratos futuros para compra do grão. Mesmo assim, o sorgo continua sendo uma cultura pouco divulgada no meio acadêmico, midiático e rural. Poucas faculdades possuem aulas sobre a cultura, sendo menos ainda o número de pesquisadores dedicados ao desenvolvimento da cultura.

Alguns trabalhos de pesquisa de alimentação de aves e animais no Brasil consideram ainda sorgo com e sem tanino, no entanto, 99% do sorgo nacional não possui tanino. Todo o sorgo plantado na safrinha, na região do Cerrado, não possui tanino. O pouco de sorgo com tanino produzido nacionalmente serve a mercados específicos, que não o de alimentação animal.

Sorgo Grão na Alimentação de Aves

A ração à base de sorgo é excelente opção para alimentação de aves, por ter menor custo que o milho, e apresentar o mesmo rendimento produtivo tanto de carne quanto de ovos. Cerca de 50% do sorgo granífero, produzido no Brasil, é destinado à alimentação de aves.

A composição nutricional bruta e a estrutura do grão de milho e de sorgo são similares. O milho tem cerca de um por cento a mais de óleo, enquanto o sorgo tem um por cento a mais de proteína bruta. Os grânulos de amido são similares em tamanho, formato e composição, no entanto no sorgo encontra-se cerca de três por cento a mais de amido. Embora os dois grãos sejam diferentes na forma e no tamanho, a maior diferença está na composição de aminoácidos e distribuição da proteína no endosperma do grão de sorgo, bem como a baixa concentração de pigmentos carotenoides e xantofila. No sorgo, a proteína periférica aos grânulos de amido é mais densa, dura e retarda a penetração de água, o que torna o seu valor energético para aves (3.204 kcal/kg) cerca de 5% menor em relação ao milho (Tabela 1).

Aves alimentadas com sorgo sem tanino apresentam desempenho e rendimento de carcaça semelhantes aos daquelas alimentadas com dieta à base de milho (Scheuermann, 1998; Fernandes et al., 2014a, 2014b).

Tabela 1. Composição química e valores energéticos do sorgo e do milho para aves.

Componentes	Sorgo	Milho
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.204	3.364
Matéria Seca (%)	87,10	88,90
Proteína Bruta (PB)	8,75	7,86
Amido (%)	66,60	63,40
Fibra Bruta (FB)	2,89	1,73
Extrato Etéreo (%)	2,65	3,5
Cálcio (%)	0,03	0,02
Fósforo disponível (%)	0,07	0,06
Lisina (%)	0,20	0,23
Metionina (%)	0,15	0,16
Metionina + Cisteína (%)	0,30	0,33
Treonina (%)	0,28	0,31
Ácido Linoleico (%)	1,05	1,91
Xantofila (%) ¹	1,10	23

Fonte: Rostagno et al. (2017). ¹Scheuermann (1998).

Em alimentação de frangos, o grupo de pesquisa da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia demonstrou que as rações formuladas para o ciclo de produção do frango de corte, com base nos níveis nutricionais do milho, podem ser totalmente substituídas por rações formuladas com base nos níveis nutricionais do sorgo (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Consumo de ração (CR), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA) e índice de eficiência (IEP) de frangos de corte machos submetidos a dietas de milho e sorgo aos 48 dias de idade.

Tratamento	CR (kg)	PV (kg)	CA	IEP
Milho	5,995	3,369	1,78	365,29
Sorgo	6,001	3,443	1,74	375,00
CV (%)	3,61	4,92	2,61	5,90

Fonte: Diniz et al. (2002).

Tabela 3. Consumo de ração (CR), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA) e índice de eficiência (IEP) de frangos de corte fêmeas submetidos a dietas de milho e sorgo aos 48 dias de idade.

Tratamento	CR (kg)	PV (kg)	CA	IEP
Milho	5,513	2,704	2,04a	270,88b
Sorgo	5,288	2,809	1,88b	309,21a
CV (%)	4,07	5,12	4,33	7,92

Médias nas colunas com letras diferentes são significativas em nível de ($P < 0,05$).

Fonte: Diniz et al. (2002).

Os resultados demonstraram que o consumo de ração e peso vivo de machos foi igual entre os dois grãos (Diniz et al., 2002). A conversão alimentar foi igual para os machos, entretanto nas fêmeas a conversão alimentar com a dieta à base sorgo foi melhor, influenciando positivamente no Índice de Eficiência Produtiva (IEP), e este resultado foi proporcionado por um menor acúmulo de gordura na carcaça das fêmeas alimentadas com dietas de sorgo em relação àquelas alimentadas com dietas à base de milho.

Também em galinhas poedeiras (Reis, 2004) compararam-se três diferentes rações, sendo formuladas à base de milho (100), à base de milho: sorgo (50:50) e por último à base de sorgo (100) (Tabela 4). Demonstrou-se que a ração mista, milho e sorgo, bem como a ração à base de sorgo proporcionam às galinhas em postura os mesmos índices de produção e de massa de ovos, se comparadas à ração exclusiva à base de milho. Ressalta-se que o sorgo grão é pobre em pigmentos amarelos, não colorindo adequadamente a gema dos ovos. Enquanto o milho tem cerca de 1,8 ppm de caroteno e 19,0 ppm de xantofila, o sorgo grão tem respectivamente 0,2 ppm e 1,1 ppm (Moura et al., 2010). Desta forma, ao se utilizar o sorgo nas rações de galinhas poedeiras, existe a necessidade da adição de um corante natural ou artificial.

Tabela 4. Desempenho produtivo de poedeiras em rações com sorgo grão.

Parâmetros	100% milho	50%milho:50%sorgo	100% sorgo
Produção/a/al (%)	87,09	86,37	86,68
Ração(g/a/d)	109,13	107,84	107,61
Massa ovos (g)	1.534	1.527	1.543

Fonte: Reis (2004)

Características de desempenho zootécnico e rendimento de carcaça, de percentagem de carne de peito e coxa-sobrecoxa e de composições química e sensoriais não foram afetadas quando da substituição do milho pelo sorgo em frangos de corte (Garcia et al., 2005).

O grão de sorgo pode ser ofertado inteiro para a alimentação de aves sem influenciar seu desempenho, o que foi comprovado numa sequência de trabalhos de pesquisa, iniciando com Murta et al. (2004), comparando grão de sorgo triturado em moinho a martelo com peneiras de 1,200 mm (3,5% grãos inteiros) até peneiras de 9,525 mm (54% de grãos inteiros), não sendo encontrada nenhuma diferença de desempenho em frangos de corte. Fernandes et al. (2013) compararam o desempenho de frangos de corte, machos e fêmeas, aos 42 dias de idade arraçoados com dietas com diferentes formas físicas: (A) milho quebrado, (B) sorgo moído, (C) sorgo moído (50%): inteiro (50%), (D) sorgo inteiro, (E) milho moído. Não houve diferença para consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e viabilidade em ambos os sexos (Tabela 5).

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte aos 42 dias de idade, com dietas de grãos moídos, mistos e inteiros.

TMT	CR(g)		PV (g)		CA		VB (%)	
	M	F	M	F	M	F	M	F
A	4173a	4034a	2,53a	2,43a	1,63a	1,63a	97,4a	95,2a
B	4268a	3914a	2,58a	2,38a	1,62a	1,63a	95,2a	96,3a
C	4268a	4058a	2,57a	2,46a	1,63a	1,62a	95,4a	96,2a
D	4201a	3958a	2,59a	2,43a	1,59a	1,61a	95,6a	96,1a
E	4216a	3856a	2,55a	2,39a	1,61a	1,60a	94,3a	95,6a

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$); CMR (consumo médio de ração); PV (peso vivo); CA (conversão alimentar); VB (viabilidade); M (Machos); F (Fêmeas); A- milho quebrado; B- sorgo moído; C- sorgo moído (50%): inteiro (50%); D-sorgo inteiro (100%); E- milho moído. Fonte: Fernandes et al. (2013)

Deste experimento, uma amostra de frangos, com pesos semelhantes, foi retirada para abate, não cruento, e depois de evisceradas a moela, o intestino delgado e o ceco, foi separada para estudos morfométricos e histológicos. Os resultados demonstraram que a inclusão de 50% ou 100% de sorgo grão inteiro promove aumento significativo de peso da moela e do intestino delgado (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da forma física das rações sobre o peso e tamanho do tubo gástrico intestinal de frangos de corte machos aos 42 dias de idade.

Tratamentos	Moela (g)	Intestino delgado		Ceco	
		(g)	(cm)	(g)	(cm)
Milho moído (A)	35,807b	46,476b	166,53	6,957	17,97b
Sorgo moído (C)	38,114b	48,410ab	170,84	7,084	18,97ab
Sorgo moído:inteiro (D)	42,101a	51,810ab	173,75	7,102	18,81ab
Sorgo inteiro (E)	44,468a	52,911a	175,28	7,379	19,53a
CV (%)	10,62	12,24	7,98	17,23	7,57

Fonte: Fernandes et al. (2013)

Análises histológicas das três porções do intestino delgado destas aves demonstraram que havia aumento da superfície de absorção das paredes intestinais em resposta à presença do sorgo inteiro (tratamento D ou E). Este conjunto de respostas de desempenho zootécnico, morfológico e histológico do tubo gástrico intestinal dos frangos demonstrou a capacidade de resposta do frango de corte à introdução do sorgo grão inteiro na dieta.

Trabalhos conduzidos por (Silva, et al., 2014, 2015; Silveira, 2014; Carvalho et al., 2015; Litz et al., 2020) concluíram que rações com grão de sorgo inteiro na alimentação de pintos de corte de um dia até os sete dias de idade, assim como no momento do abate, aos 42 dias, promovem destacada hipertrofia muscular na moela e aumento do intestino delgado, por causa do esforço deste órgão para reduzir o tamanho das partículas, influenciando a capacidade digestiva da ave, haja vista os resultados demonstrados por estes autores, para as variáveis consumo de ração, eficiência alimentar, peso vivo, rendimento de carcaça e viabilidade.

Por outro lado, o grão inteiro nas rações avícolas leva à diminuição dos custos da moagem dos grãos com significativo efeito de redução do custo industrial da fabricação das rações. A demanda de energia elétrica, intrínseca ao processo de moagem, representa o segundo maior custo energético da fábrica (Biagi, 1998), podendo a moagem representar até 30% dos custos industriais das rações (Dozier, 2002; Silva et al., 2014). Este benefício industrial associado ao custo de mercado do sorgo é responsável, especialmente, por maior competitividade em custo comparada à ração à base de milho, concorrendo para um custo final menor na produção de frangos.

A partir dos trabalhos acima elencados conclui-se que o sorgo grão moído ou inteiro, associado ao milho ou não, concorre com o milho nas dietas de frangos de corte, galinhas poedeiras e, porque não afirmar, no segmento de reprodução responsável pela oferta de pintinhos de um dia de corte e postura. Assim, o sorgo pode e deve ser considerado como alimento de participação nas dietas avícolas em condições de igualdade de desempenho zootécnico, rendimentos de carcaça e qualidade de carne e ovos, além de concorrer para uma redução dos custos das rações.

Cabe ainda destacar, em relação à aplicabilidade do sorgo na nutrição de aves, que trabalhos de Ambrósio et al. (2013) não observaram alterações nos parâmetros de desempenho de peruzinhos de corte do alojamento aos 28 dias, ao substituir parcialmente e integralmente o milho pelo sorgo moído e inteiro nas rações. Por outro lado, Etuk e Ukaejiofo (2007) observaram melhor desempenho em perus de 0 a 6 semanas alimentados com rações contendo 50% milho e 50% sorgo. O uso de sorgo em dietas para gansos foi estudado por Arroyo et al. (2013a, 2013b), avaliando a qualidade do *foie grass* e características de desempenho das aves. Concluíram que a substituição integral do milho pelo sorgo resultou em melhor conversão alimentar e maior peso de fígado, enquanto o peso vivo e consumo se equipararam à ração à base de milho, muito embora tenham observado que o fígado apresentava uma coloração amarela mais clara.

Sorgo Grão na Alimentação de Suínos

O valor energético do sorgo nas rações para suínos equivale a 100% do valor do milho (Rostagno et al., 2017), o que tem incentivado o seu uso pelas granjas. Conforme mostrado na Tabela 7, a substituição do milho pelo sorgo na dieta de leitões em recria (10 kg aos 30 kg) não influenciou a retenção de nitrogênio, o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, a energia digestível e a energia metabolizável dos leitões (Fialho et al., 2002).

Rodrigues et al. (2002) avaliaram o efeito da suplementação de um complexo enzimático sobre a digestibilidade de nutrientes e o desempenho de suínos em fase de terminação (30 kg aos 90 kg) submetidos a rações formuladas com milho ou sorgo. A suplementação influenciou positivamente nas rações formuladas com milho. As rações formuladas para suínos à base de sorgo com e sem suplementação enzimática proporcionaram um desempenho semelhante. As dietas formuladas com sorgo propiciaram um ganho de peso maior (6%) do que aquelas formuladas com milho (Tabela 8).

Tabela 7. Dados de desempenho e valores de digestibilidade dos nutrientes das rações dos leitões dos 10 kg aos 30 kg, contendo diferentes níveis de substituição do milho pelo sorgo.

Parâmetros	Substituição do milho pelo sorgo (%)				
	0	33	66	100	CV (%)
Peso Inicial (kg)	9,4	9,7	9,3	9,4	4,67
Peso Final (kg)	28,8	28,1	27,6	28	4,34
Período Experimental (dias)	30	30	30	30	-
Ganho Médio Diário (g)	648	613	610	620	6,93
Consumo Médio Diário (kg)	1,21	1,23	1,2	1,25	4,28
Conversão Alimentar	1,86	2	1,96	2,02	6,91
Dados de Digestibilidade Nutrientes da Ração					
Digestibilidade da Proteína (%)	84,59	84,83	85,65	85,78	3,55
Retenção de Nitrogênio (g/dia)	21,20	19,11	19,13	19,07	2,78
Energia Digestível (kcal/kg)	3.821	3.789	3.818	3.793	3,13
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.619	3.562	3.608	3.670	2,19

Fonte: Fialho et al. (2002).

Estudos com substituição de 100% do milho por sorgo sem tanino (Braun et al., 2007) e inclusão de 20% de sorgo (Herrera et al., 2013), na alimentação de suínos, mostraram resultados equivalentes para os dois cereais.

A granulometria da ração de sorgo para suínos deve ser levada em consideração, pois para facilitar a digestão o grão de sorgo deve ser finamente moído. A moagem do grão de sorgo deve ser feita com peneira entre 1,2 mm e 2,2 mm, pois a granulometria das rações para suínos requer um Diâmetro Geométrico Médio (DGM) de cerca de 650 a 750 μ m. A moagem em moinhos a martelos nas peneiras de 4,76 mm, tradicionalmente usada na moagem de milho nas fábricas de rações comerciais ou ligadas diretamente ao sistema de produção, deixa passar cerca de 18% a 20% de grão de sorgo inteiros, uma parcela da dieta que ao longo do tubo gastrointestinal desta espécie não seria digerida e conseqüentemente eliminada através das fezes (Murta et al., 2004; Fernandes et al., 2013).

Tabela 8. Ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CMDR) e conversão alimentar (CA) dos suínos durante o período de crescimento e terminação (30 kg - 90 kg), recebendo dietas com milho ou sorgo sem (SSE) ou com suplementação enzimática (CSE).

TMT	GPMD (g)			CMDR (g)			CA (g g ⁻¹)		
	SSE	CSE	Média	SSE	CSE	Média	SSE	CSE	Média
Milho	898	938	918	2727	2745	2736	3,04	2,93	2,99
Sorgo	920	905	913	2880	2809	2845	3,13	3,11	3,12
Média	909	921		2804	2777		3,09	3,02	
CV (%)		5,07			7,07			6,65	

Fonte: Rodrigues et al. (2002).

O perfil de ácidos graxos da dieta fornecida aos porcos influencia o valor de iodo da gordura da carcaça, uma medida da firmeza dessa gordura. Atualmente a qualidade da gordura é extremamente importante na indústria de processamento de carne de porco. Os produtos à base de carne de porco com gordura macia (ácidos graxos mais insaturados) são discriminados, pois podem ficar rançosos mais rapidamente, e as barrigas são mais difíceis de cortar para bacon, pois a gordura tem maior tendência a “manchar”, resultando em um produto menos desejável.

Um perfil de ácidos graxos mais favorável (menos gordura insaturada) tem no grão de sorgo uma vantagem distinta sobre o milho na melhoria da qualidade da gordura de porco. Pesquisas mostraram que os porcos alimentados com dietas à base de sorgo tinham menos ácido linoleico e ácidos graxos poli-insaturados na gordura da região das costas e do queixo que os porcos alimentados com milho (Benz et al., 2010). Mais recentemente, Jordan et al. (2015) também observaram gordura mais firme (valor diminuído de iodo) de porcos alimentados com dietas à base de sorgo versus milho. Esses estudos confirmam que porcos alimentados com dietas à base de sorgo terão gordura mais firme do que aqueles alimentados com milho.

Sorgo Grão na Alimentação de Bovinos

O sorgo é o segundo cereal mais utilizado nos confinamentos de bovinos, após o milho. O grão de sorgo tem potencial de uso em dietas de ruminantes, sem alterações no metabolismo do animal ou no desempenho produtivo. O valor energético do sorgo, quando devidamente processado, é por volta de 95 a 100% do valor do milho (Valadares Filho et al., 2006; Igarasi et al., 2008) (Tabela 9).

Tabela 9. Composição química do grão de milho e de sorgo na alimentação de bovinos.

Parâmetros	Milho	Sorgo
Matéria Seca (%)	87,64	87,9
Proteína Bruta (%)	9,11	9,54
Extrato Etéreo (%)	4,07	3,03
FDN (%)	13,98	14,21
FDA (%)	4,08	6,3
Extrato não nitrogenado (%)	74,1	71,92
Carboidratos não fibrosos (%)	74,47	73,84
Hemiceluloses (%)	9,41	9,62
Celulose (%)	3,55	3,55
Lignina (%)	1,16	1,21
NDT	87,24	80,35
Energia bruta (Kcal/ka)	4310	4130
Ca (%)	0,03	0,04
P (%)	0,25	0,28

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

O menor valor energético ocorre pela maior presença de proteínas (prolaminas) que envolvem os grânulos de amido, dificultando a digestibilidade (Santos et al., 2004; Owens; Zinn, 2005), podendo ser contornado por técnicas de processamento do grão, visando melhorar a eficiência de digestão do amido.

A principal forma de processamento de grãos de cereais na ração é a moagem, a qual deve resultar em partículas entre 0,7 mm e 1,2 mm (Santos et al., 2004). Processos de silagem de grãos úmidos e a floculação, via de regra, são mais eficientes em aumentar a disponibilidade da energia dos grãos (Owens et al., 1997; Theurer et al., 1999) do que somente a moagem. O recomendado é flocular o sorgo para se obter densidade entre 310 e 360 g/L (Brown et al., 2000; Zinn et al., 2002). Grãos menos processados não melhoram a digestibilidade, e grãos excessivamente processados aumentam o risco de acidose ruminal.

Os resultados de ganho e eficiência são muitos dependentes do tipo de processamento do grão. Huck et al. (1999) observaram que o sorgo

floculado foi superior ao milho laminado ou moído grosso para bovinos em terminação. O consumo de matéria seca não foi alterado, mas o ganho de peso diário e a eficiência foram 5% maiores no sorgo floculado em comparação ao milho laminado a seco. No entanto, Santos et al. (2004) observaram em revisões de trabalhos que o milho apresentou consumo médio de matéria seca 2,5% menor, ganho de peso diário 5,2% maior, eficiência alimentar 7,6% maior que o sorgo. Clarindo et al. (2008) trabalharam com milho e/ou sorgo moídos com partículas entre 1,0 mm e 1,2 mm. Neste estudo o consumo de matéria seca e valor energético foram similares (Tabela 10), mostrando que a moagem fina pode ter diminuído as diferenças na digestibilidade do amido entre os dois cereais.

Tabela 10. Desempenho de tourinhos alimentados com diferentes fontes energéticas e proteicas.

Parâmetros	Tratamentos ¹					
	MFS	MU	SFS	SU	EPM	E ²
Peso corporal inicial (kg)	415,2	418,3	418,5	418,5	7,314	0,814
Peso corporal final (kg)	548,7	531,0	542,8	525,5	13,96	0,690
Ganho de peso diário (kg/d)	1,505	1,265	1,396	1,191	0,098	0,365
Consumo MF (kg/d)	8,991	9,227	8,787	8,898	0,234	0,271
Espessura de gordura subcutânea (cm)	0,722	0,622	0,653	0,637	0,039	0,538
Eficiência alimentar	0,168	0,137	0,159	0,133	0,011	0,135

¹ MFS: milho moído fino + farelo de soja; MU: milho moído fino + ureia; SFS: sorgo moído fino + farelo de soja; SU: sorgo moído fino + ureia. ² E: efeito da fonte energética; P: efeito da fonte proteica; ExP: efeito da interação fonte energética e proteica. Fonte: Clarindo et al. (2008).

O milho utilizado no Brasil é tipo *flint*, diferente do tipo *dent*, usado no Hemisfério Norte, por isso este milho é mais similar ao sorgo na sua digestibilidade do amido.

Os custos, por quilo de ganho de peso de bezerros alimentados após o desmame até o abate com rações contendo sorgo, foram mais baixos do que o das rações formuladas com milho (Almeida Júnior et al., 2008). Neste trabalho os autores testaram milho seco moído; silagem de grãos úmidos de milho; sorgo seco com tanino moído; silagem de grãos úmidos inteiros de

sorgo com tanino; sorgo seco sem tanino moído e silagem de grãos úmidos inteiros de sorgo sem tanino, constatando que todos os alimentos avaliados podem ser usados em rações concentradas para bezerros após o desmame, pois não comprometem o desempenho e conferem resultados similares (Tabela 11).

Tabela 11. Desempenho dos bezerros alimentados com as rações concentradas.

Parâmetros	MM	SGUM	SCTM	SGUISCT	SSTM	SGUISST	CV%	P<
Peso inicial (kg)	77,24	78,24	80,36	81,78	80,04	78,32	10,3	ns ¹
Peso final (kg)	170,86	174,16	171,32	169,62	172,2	171,48	4,26	ns
Ganho total de peso vivo (kg)	93,62	95,92	90,96	87,84	92,16	93,16	8,97	ns

MM - milho seco moído; SGUM - silagem de grãos úmidos de milho; SCTM - sorgo seco com tanino moído; SGUISCT - silagem de grãos úmidos inteiros de sorgo com tanino; SSTM - sorgo seco sem tanino moído; SGUISST - silagem de grãos úmidos inteiros de sorgo sem tanino.¹ Não significativo - $P > 0,05$.

Fonte: Almeida Júnior et al. (2008).

Vários estudos mostram que o sorgo moído, laminado ou floculado pode substituir o milho, mantendo o mesmo nível de produção das vacas em lactação, sem comprometimento na composição do leite (Mitzner et al., 1994; Chen et al., 1994; Theurer et al., 1999). O sorgo floculado apresenta maior teor de energia líquida que o laminado, e este é superior ao do grão moído.

Vacas de alta produção apresentam desempenho semelhante quando suplementadas com sorgo ou milho, para o mesmo nível de processamento do grão (laminado ou floculado), resultando em similares produções e composições do leite (Mitzner et al., 1994; Chen et al., 1994; Theurer et al., 1999). A ingestão de matéria seca, as produções de leite, leite corrigido para 3% de gordura, a eficiência produtiva e os teores de proteína e gordura do leite não diferiram entre os animais suplementados com sorgo ou milho. Vacas alimentadas com sorgo ou milho floculado em combinação com proteína não degradada no rúmen produziram mais leite e proteína do leite em comparação àquelas suplementadas com milho laminado ou com farelo de soja (Santos et al., 1999).

As respostas produtivas de vacas de alta (45 kg) ou média (35 kg) produção de leite suplementadas com sorgo floculado variam com a degradabilidade da proteína suplementar. Em vacas de média

produção, a suplementação com ureia (0,8% da MS da dieta), associada à alta disponibilidade de amido fermentável no rúmen, proveniente do sorgo floculado, garante maior consumo de alimento e síntese de proteína microbiana suficiente para proporcionar aumento na produção de leite. Já em vacas de alta produção, as respostas são inversas, e a maior produção de leite foi obtida com a suplementação com farelo de soja (6,0%) ou farinha de peixe (5,0%), sem alterar o consumo de alimento. Em animais de alta produção, apesar da maximização da síntese proteica microbiana proporcionada pelo sorgo floculado, há a necessidade de suplementação com proteína não degradável no rúmen (Santos et al., 1998).

Theurer et al. (1999) sumarizaram os dados de vários experimentos comparando o efeito da utilização de grão de milho ou sorgo, bem como o seu processamento sobre o desempenho de vacas de alta produção. De acordo com estes autores, a floculação melhorou a produção e a eficiência de produção de leite em 5,0%, aumentou o teor e a produção de proteína do leite, bem como a digestibilidade aparente do amido em 16,0% comparado ao sorgo laminado a seco. Contudo, houve redução no teor de gordura do leite, mas sem comprometer a produção de gordura (g/dia). O melhor desempenho está associado à melhor qualidade nutricional promovida pelo processamento, já que o consumo de matéria seca e o teor de nitrogênio ureico do leite (NUL) não foram alterados.

Vacas aos 45 ou 90 dias pós-parto, alimentadas com dietas à base de sorgo floculado e milho laminado, mostraram as mesmas condições energéticas e respostas reprodutivas (Santos et al., 2000). Os animais que receberam sorgo floculado apresentaram menores perdas de escore corporal durante os primeiros 45 dias ($p < 0,05$) e 90 dias ($p < 0,06$), com tendência em aumentar o balanço energético das vacas ($p < 0,11$). Delgado-Elorduy et al. (2002a, 2002b) avaliaram o metabolismo esplênico e o metabolismo de nitrogênio na glândula mamária de vacas leiteiras com produção média de 28 kg/dia e 86 dias em lactação, alimentadas com grãos moídos (sorgo ou milho) e processados (laminação ou floculação). Esses autores não observaram diferença ($p < 0,05$) na ingestão de matéria seca, proteína bruta, amido e energia líquida de lactação entre os tratamentos. A produção e a composição do leite e a eficiência alimentar e produtiva das vacas foram semelhantes, com exceção do teor de gordura, que foi superior para a dieta com sorgo laminado.

Etanol de Grãos de Sorgo

A produção de etanol é realizada a partir de culturas agrícolas, como cana-de-açúcar, milho, sorgo, beterraba, mandioca e batata. O Brasil por excelência é o maior produtor de etanol a partir da cana-de-açúcar. Desde 2012 já existem usinas, chamadas flex, produzindo etanol a partir de grãos de milho e sorgo, especialmente no estado de Mato Grosso, algumas para ocupar suas estruturas no período de entressafra de cana-de-açúcar, outras para aproveitar o baixo custo do grão na região.

O grão de sorgo pode ser usado para produção de etanol, em usinas flex. No Brasil sua utilização ainda é mínima, mas nos Estados Unidos estima-se que 28% do sorgo granífero colhido são usados para produção de etanol (Kubecka, 2011; Dweikat, 2012). O processo de fermentação do amido em etanol é semelhante para todos os grãos. Essencialmente, o amido (polímero de glicose) é convertido em açúcar com uso de enzimas, e este açúcar é depois fermentado para produzir etanol. Existem dois métodos de produção de etanol de grãos, a saber, moagem úmida e processos de moagem a seco (Nichols; Bothast, 2008). No processo de moagem a seco, a sacarificação e a fermentação ocorrem simultaneamente após a moagem a seco do grão. No processo de moagem úmida, a sacarificação e a fermentação são realizadas em etapas separadas. O amido no processo de moagem úmida é bastante puro, permitindo a separação de outros componentes, como proteínas, lipídios, vitaminas e fibras.

A produção de etanol de grão de sorgo é bem similar à de milho, alguma variação pode ocorrer dependendo da cultivar, ou do tipo de fermentação e moagem. Shapouri e Salassi (2006) obtiveram produção de 395 e 402 litros de etanol por tonelada de grãos, em milho e sorgo, respectivamente. O sorgo pode produzir a mesma quantidade de etanol por área que outros cereais, enquanto usa até um terço a menos de água no processo de crescimento da planta (Kubecka, 2011). Aproximadamente 30% a 35% da safra de sorgo nos Estados Unidos são usadas para a produção de etanol combustível, respondendo por cerca de 2% da produção de etanol combustível desse país (Kubecka, 2011). Os grãos secos destilados com solúveis são um subproduto do processo de destilação e desidratação durante a produção de etanol (Moreau et al., 2012).

Grãos Secos Destilados

As pesquisas com uso de grãos secos destilados com solúveis de sorgo (DDGS) na alimentação animal são recentes. A composição química do DDGS de sorgo é similar à do DDGS de milho (Tabela 9), e o valor nutritivo de DDGS de milho e sorgo foi relatado como sendo semelhante em estudos de alimentação de bovinos de corte e ovinos (Lodge et al., 1997; Harborth et al., 2006).

Para remover a fibra não fermentável do grão de sorgo usa-se a decorticação, que é um processo de descascamento abrasivo. Deste processo, o DDGS resultante é valioso, especialmente como alimentos para não ruminantes porque são mais ricos em proteínas e mais baixos em fibras (Corredor et al., 2006). A composição de aminoácidos do grão de sorgo e DDGS é semelhante à do grão de milho e DDGS de milho (Tabela 12).

Semelhante ao milho, o valor nutricional do DDGS do sorgo dependerá de sua concentração de óleo, que é muito importante na alimentação de suínos. O DDGS de sorgo pode ter um teor de óleo ligeiramente menor que o DDGS de milho, mas, novamente, pode variar com base nos procedimentos de extração de óleo na planta de etanol (Corredor et al., 2006). Jacela et al. (2010) obtiveram valores de Energia Bruta, Energia Digestível e Energia Metabolizável do DDGS de milho maiores que o de sorgo, sendo para o DDGS de milho valores de 5.293, 3.703 e 3.426 kcal/kg de MS, respectivamente, e para DDGS de sorgo valores de 5.108, 3.878, 3.549 kcal/kg de MS. A energia bruta de sorgo para suínos foi de 5.302 kcal/kg (Stein et al., 2016), valor semelhante aos encontrados por Jacela et al. (2010) com DDGS de milho. Recomenda-se adicionar no máximo 30% de DDGS de sorgo na alimentação de suínos (Feoli et al., 2008).

Alguns aminoácidos como isoleucina, metionina e valina estão em maiores concentrações em DDGS de milho e sorgo comparados aos próprios grãos *in natura* (Sotak et al., 2015).

Tabela 12. Composição de proteína bruta e aminoácidos de grãos de milho e sorgo e seus DDGS (% do peso da amostra seca), em dietas para suínos.

Parâmetros	Grão milho	DDGS milho	Grão sorgo	DDGS sorgo
Proteína bruta	8,0	27,5	9,8	31,0
Amino ácidos				
Arginina	0,39	1,16	0,32	1,10
Histidina	0,23	0,72	0,23	0,71
Isoleucina	0,28	1,01	0,37	1,36
Leucina	0,95	3,17	1,25	4,17
Lisina	0,24	0,78	0,20	0,68
Metionina	0,21	0,55	0,18	0,53
Fenilalanina	0,38	1,34	0,47	1,68
Treonina	0,26	1,06	0,29	1,07
Triptofano	0,09	0,21	0,07	0,35
Valina	0,38	1,35	0,48	1,65
Alanina	0,58	1,94	0,86	2,90
Ácido aspártico	0,55	1,83	0,60	2,17
Cisteína	0,16	0,53	0,18	0,49
Ácido	1,48	4,37	1,92	6,31
Glutâmico	0,31	1,02	0,29	1,03
Glicina	0,70	2,09	0,77	1,4
Prolina	0,38	1,18	0,37	2,50
Serina	0,27	1,01	0,25	nr
Tirosina				

Fonte: Adaptado de Moreau et al. (2012).

Silagem de Sorgo de Planta Inteira

A planta inteira do sorgo pode ser utilizada como fonte de alimento volumoso para ruminantes. Ela é utilizada principalmente na forma de silagem, rolão (planta inteira seca), feno, pastejo ou corte. Para cada forma de utilização, existe um tipo de sorgo adequado. Para a produção de silagem, recomenda-se o plantio de cultivares de sorgo silageiro ou forrageiro. Para a utilização do sorgo em pastejo ou em manejo de corte, recomenda-se o plantio de variedades forrageiras adaptadas a essa finalidade, bem como seus

híbridos com o capim-sudão.

Os sorgos forrageiros ou de porte alto apresentam ciclos mais longos, alturas superiores a dois metros e caracterizam-se pela grande capacidade de produção de matéria verde. Essas cultivares podem ser subdivididas em: a) forrageiros com alta produção de grãos e baixo teor de açúcares solúveis; b) forrageiros com baixa produção de grãos, alta percentagem de açúcares solúveis (10% a 14%) no colmo e altura próxima a 3 m, também conhecidos por sorgos sacarinos; c) forrageiros com pequena percentagem de grãos (normalmente muito pequenos) e panículas abertas e bem ramificadas; d) forrageiros especializados para pastejo, corte ou fenação (sorgo ou capim-sudão e seus híbridos com o sorgo).

Os sorgos de duplo propósito ou de porte médio apresentam boa produção de grãos (30% a 40% de grãos). Com relação à altura, são menores que os forrageiros, porém maiores do que os graníferos (2 m a 2,5 m).

Em condições normais de cultivo, a silagem de sorgo é um pouco inferior à silagem de milho, principalmente no que diz respeito à digestibilidade. Em condição de baixos regimes pluviométricos e elevadas temperaturas, a silagem de sorgo pode ser superior à silagem de milho. Essa condição é muito comum em regiões semiáridas e na segunda safra ou em plantios atrasados no Cerrado brasileiro.

O rendimento de massa seca por hectare é maior para o sorgo silageiro do que para o milho, sendo ainda possível cultivar a rebrota. O cultivo de sorgo forrageiro poderá alcançar, no primeiro corte, de 15 a 20 t ha⁻¹ de matéria seca, ou seja, de 45 a 60 t de forragem verde por hectare. O sorgo possui capacidade de rebrota, o que possibilita uma produção de 40% a 60% do que foi obtido no primeiro corte.

O sorgo é uma das culturas que mais se destacam na produção de silagens, em razão de suas características intrínsecas (alta quantidade de carboidratos solúveis, baixo poder tampão, teor de matéria seca acima de 25% no momento da ensilagem e estrutura física que permite boa compactação nos silos), enquadrando-se perfeitamente entre as forrageiras desejadas para produção de silagens de boa qualidade.

Na Tabela 13 estão apresentados os dados qualitativos médios da forragem de sorgo e de milho, com seus respectivos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, pH e nutrientes digestíveis totais (NDT). De forma geral, o sorgo possui maior proteína,

FDN, FDA e lignina, e menor NDT, mas isso não influencia no rendimento animal. Dietas contendo silagem de sorgo de boa qualidade, associadas a níveis de 20, 35, 50 e 65% de concentrado, não influenciam os consumos de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, expressos em kg/dia, bem como o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais (Pereira et al., 2006).

Tabela 13. Composição química média e pH de silagens de sorgo e milho (dados expressos na matéria seca).

Parâmetros	Silagem de milho	Silagem de sorgo
MS total (%)	30 – 35	28 – 32
PB (%)	6 – 8	6 – 9
FDN (%)	45 – 60	50 – 60
FDA (%)	23 – 43	23 – 50
Celulose (%)	24 – 35	17 – 38
Hemicel. (%)	21 – 30	13 – 23
Lignina	3 – 5	5 – 11
PH	3,8 – 4,0	3,8 – 4,2
NDT (%)	65 – 75	55 – 65

Fonte: Adaptado de Zago (1991, 2001), Andrade et al. (2001), Freitas (2002), Evangelista e Lima (2002), Nussio et al. (2002), Mello (2004), Tomich et al. (2003), Pires (2003), Valadares Filho et al. (2006) e Daniel et al. (2011).

Neumann et al. (2007) mostraram que a silagem de sorgo para novilhos, quando associada à suplementação de concentrado, na proporção de 1,2% do peso vivo, não apresentou limitação energética para propiciar ingestões de matéria seca e ganhos de peso similares às dietas com silagem de milho, reduzindo os custos de produção.

Fernandes et al. (2009) avaliaram o ganho de peso/animal/dia, o consumo e a conversão alimentar dos bovinos terminados em condições de confinamento total, alimentados com silagem de diferentes cultivares de milho e sorgo, utilizando 33 bovinos da raça Gir, machos, com peso vivo médio inicial de 230 kg, alojando-se um animal por baia (Tabela 14). O confinamento teve duração de 108 dias, sendo 14 dias de adaptação e 94 dias de avaliação. Quanto ao desempenho animal pôde-se verificar diferença ($P < 0,05$) entre as cultivares avaliadas (Tabela 11). Identificou-se variação

no ganho de peso de bovinos entre 1,39 kg/bovino/dia (A25A23) e 1,04 kg/bovino/dia (A 9404), sendo os maiores ganhos encontrados nas cultivares de milho - 1,39 kg/dia (A25 A23), e de sorgo - 1,27 kg/dia (BRS 610). O ganho de peso encontrado foi superior ao planejado (1,1 kg/dia), sendo o resultado compatível com o desempenho de bovinos da raça Gir.

Tabela 14. Ganho médio diário (GMD), consumo de matéria seca do volumoso (CMSV), consumo de matéria seca total (CMST) e conversão alimentar (CA) de bovinos Gir mantidos em confinamento alimentados com silagem de híbridos de sorgo e milho.

Tratamentos	GMD (kg/dia)	CMSV (kg MS/dia)	CMST (kg MS/dia)	CA (kg MS/kg PV)
Milho - A25A23	1,39A	5,4ABC	8,0ABC	5,8
Milho - GNZ2728	1,36AB	6,0A	8,6A	6,3
Milho - 2C577	1,27ABC	5,3ABC	7,9ABC	6,3
Milho - DAS519	1,23ABC	5,0ABC	7,6ABC	6,3
Milho - A3663	1,19ABC	4,8C	7,4C	6,2
Milho- Farroupilha 25	1,14ABC	5,1ABC	7,7ABC	6,8
Milho - AG1051	1,09ABC	5,1ABC	7,7ABC	7,1
Sorgo - BRS610	1,27ABC	5,9AB	8,5AB	6,7
Sorgo - 1F305	1,22ABC	5,4ABC	8,0ABC	6,5
Sorgo - Volumax	1,07BC	4,7C	7,3C	6,9
Sorgo - A9404	1,04C	4,9BC	7,5BC	7,2
CV (%)	8,6	6,5	4,3	9,8

Fonte: Fernandes et al. (2009). Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Há grande variabilidade na composição de nutrientes nos diferentes híbridos de sorgo. Estas variações devem-se principalmente a diferentes proporções entre colmo, folhas e panícula, bem como às diferenças no valor nutritivo destas frações entre os híbridos. Isso reflete a enorme variabilidade genética entre os genótipos e o potencial do melhoramento genético no desenvolvimento de híbridos modernos de alto valor nutritivo, que proporcionariam alto desempenho animal semelhante ou superior aos obtidos com silagens de bons híbridos de milho. Em híbridos de sorgo de

porte médio ou baixo, e principalmente se tiverem maior proporção de grãos, normalmente os teores de proteína bruta têm se mostrado superiores aos de porte alto em função de maior participação das folhas, panículas e grãos na massa ensilada. Diferenças entre regiões, épocas de cultivos e manejo de ensilagem, como altura de corte, são fatores que também influenciam nas diferentes respostas sobre a composição química entre as silagens de sorgo.

Na literatura existem vários trabalhos comparando silagens de sorgo e milho no desempenho animal de gado de leite. Não foram observadas por estes autores diferenças no consumo de matéria seca, na produção e composição do leite, referentes ao fornecimento das respectivas silagens (Lusk et al., 1984; Nichols et al., 1998; Dias et al. (2001). Lusk et al. (1984), avaliando silagens de milho e sorgo, não observaram diferenças na produção de leite (24,4 x 24,7 L/dia) e encontraram valores de digestibilidade aparente da matéria seca variando de 59,8% a 61,4% e de 58,3% a 58,8%, para milho e sorgo, respectivamente. No entanto, Lusk et al. (1984) e Gomide et al. (1987) encontraram ingestões de matéria seca maiores para silagens de sorgo que para silagens de milho (1,83% x 2,64% do peso vivo (PV) e 1,68% e 2,00% PV, respectivamente, para milho e sorgo). Bezerra et al. (1993), analisando o valor nutricional de silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo, encontraram maiores valores de consumo de matéria seca (66,7 g/UTM- unidade de tamanho metabólico), de proteína bruta (7,7 g/UTM), de proteína digestível (4,8 g/UTM) e de energia bruta (325,4 Kcal/UTM) para as silagens de rebrota de sorgo aos 98 dias.

Sorgo Pastejo

O sorgo forrageiro compreende um tipo de sorgo de porte alto, com altura de planta superior a dois metros, muitas folhas, panículas abertas, com poucas sementes e elevada produção de forragem. Pode ser chamado também de silageiro pelo fato de sua aptidão ser principalmente para silagem. O sorgo-sudanense (*Sorghum sudanense*) – também denominado de sorgo-sudão, capim-sudão e sorgo-sudan – possui as seguintes características: apresenta ciclo precoce, é colhido em intervalos de 40 a 50 dias, possui porte médio, elevado valor nutritivo de forragem e aptidão principal para feno e pastejo, além de suportar mais o pisoteio animal.

O valor nutritivo dos híbridos de sorgo-sudão com sorgo bicolor tem pouca variação entre os diferentes materiais, entretanto há um efeito drástico da época de colheita sobre a qualidade nutricional. O teor de proteína da

forragem diminui drasticamente à medida que a planta se desenvolve, e o mesmo fato acontece com a digestibilidade da proteína, em razão do aumento significativo de fibra.

Analisando a qualidade nutritiva do sorgo de corte e pastejo, nas condições de Sete Lagoas-MG, e no ponto de pastejo (1,00 m a 1,20 m de altura), tem-se encontrado no híbrido BRS 800 valores entre 9% e 12% de proteína bruta no colmo, 15% e 18% nas folhas e 12% e 16% na planta inteira. Nesse mesmo híbrido, no estágio de emborrachamento, a quantidade de folhas equivale a cerca de 30% da massa verde.

Existe também o sorgo pastejo BMR (*brown midrib*) que possui plantas caracterizadas pela presença de pigmentos amarronzados na nervura central das folhas e no colmo. O interesse pelos genótipos de capim-sudão mutantes BMR tem aumentado pelo fato de eles apresentarem menores teores de lignina e, conseqüentemente, maior digestibilidade. O híbrido de sorgo BRS 810, da Embrapa Milho e Sorgo, é um exemplo de sorgo BMR. Com a presença de uma nervura ou listra marrom central em suas folhas, essa cultivar apresenta menor teor de lignina e maior potencial de redução do teor de fibra em detergente neutro (FDN). A presença dessa fibra tem efeito de enchimento do rúmen, ou seja, quanto menor a porcentagem de FDN, maior será o consumo pelo animal.

Silagem de Grãos Úmidos de Sorgo

A conservação de grãos de cereais na forma úmida tem sido uma das tecnologias de maior expansão no setor produtivo pela sua eficiência no contexto qualitativo e quantitativo de conservação do concentrado energético empregado na alimentação animal, especialmente na terminação de bovinos de corte (Costa et al., 2002).

A silagem de grão úmido é uma técnica que vem apresentando acentuado crescimento em quase todas as regiões produtoras de grãos do Brasil. Esta modalidade de silagem representa redução de custos na alimentação animal que pode chegar a 30% no caso da bovinocultura de corte, 20% na criação de gado leiteiro e na suinocultura pode variar de 15 a 25%. É um processo de ensilagem em que se estocam somente os grãos da planta. A colheita é feita com colheitadeira de grãos convencional e deve ser realizada quando a umidade dos grãos estiver entre 30 e 40% (Nummer Filho, 2001).

Em alguns ambientes, a ensilagem pode ser a melhor escolha para

reduzir as perdas de colheita e armazenamento. Normalmente, são esperadas perdas de matéria seca de 5 a 15% no processo de ensilagem, que podem ser potencializadas pela retirada lenta da silagem, levando meses para esvaziar um silo. As perdas são menores quando o silo é aberto e rapidamente esvaziado (Muck, 2011).

Após a colheita, os grãos devem ser moídos finos (suínos), quebrados ou laminados (bovinos de corte e leite e ovinos), com o objetivo principal de favorecer a compactação. Os grãos devem ser armazenados em silos tipo bunker, trincheira ou bags, bem compactados e cobertos com lona plástica preta ou de dupla face (Nummer Filho, 2001).

No processo de ensilagem normal, a preservação é causada por uma combinação da exclusão de oxigênio e da fermentação natural dos açúcares por bactérias, em ácido láctico e outros produtos, diminuindo o pH. A falta de oxigênio impede o desenvolvimento de microrganismos aeróbios, enquanto o pH baixo é o principal mecanismo inibidor do crescimento de microrganismos anaeróbios (Muck, 2011).

Dentre as vantagens, a silagem de grão úmido é ótima opção para armazenar grãos por longo período, com baixo custo e, principalmente, mantendo o valor nutricional. Uma silagem de grão úmido de qualidade depende da escolha de híbridos que apresentem grãos sadios e alto valor nutricional. A colheita é antecipada em três a quatro semanas, e não existem taxas, impostos, transporte do produto para a cooperativa ou fábrica de rações, desconto de umidade, impurezas e grãos ardidos. A silagem de grão úmido possui maior digestibilidade e tem alta concentração de energia. Seu custo independe do preço de mercado (Nummer Filho, 2001).

Como desvantagens, a silagem de grão úmido apresenta dificuldade ou impossibilidade de comercialização, necessita de preparo diário da dieta aos animais (Nummer Filho, 2001) e pode ter presença de micotoxinas (Jobim et al., 2003). O sorgo possui vantagem em relação ao milho neste sentido por apresentar menos micotoxinas.

Peixoto et al. (2003), comparando o grão seco moído com a silagem de grão úmido de sorgo no desempenho de bezerras de diferentes grupos genéticos em confinamento, não verificaram diferenças no desempenho e na conversão alimentar dos animais. Para estes autores, a decisão entre qual fonte energética utilizar deve ser tomada em função de questões operacionais e econômicas, que são próprias de cada sistema de produção. Já Nikkhah et al. (2004) compararam o uso de sorgo seco moído ou floculado a vapor para

vacas leiteiras no meio da lactação e constataram que a floculação a vapor garantiu maior produção de leite, corrigido para gordura e proteína.

Igarasi et al. (2008) avaliaram silagens de grãos úmidos de milho (TMU) ou grãos úmidos de sorgo (TSU), em novilhos inteiros F1 Red Angus × Nelore, com oito meses de idade e 240 kg de peso vivo médio inicial, alimentados durante 172 dias (Tabela 15). O desempenho animal não foi influenciado pelos tratamentos com diferentes ingredientes energéticos da dieta (milho ou sorgo), uma vez que as variáveis peso vivo final (PVF), ganho de peso diário (GPD), área de olho e lombo (AOL), espessura de garupa subcutânea (EGS) e espessura de gordura na garupa (EGG) não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 15. Parâmetros da carcaça e características de desempenho animal.

Parâmetros	TMU	TSU
Peso inicial (kg)	299,69	293,69
Ganho de peso diário (kg)	1,41	1,43
Peso final (kg)	482,54	486,81
Ganho de peso total (kg)	186,74	189,23
Espessura de gordura subcutânea inicial (mm)	1,92	2,02
Área de olho de lombo inicial (cm ²)	51,29	51,64
Espessura de gordura subcutânea final (mm)	4,28	4,16
Área de olho de lombo final (cm ²)	73,67	73,81
Espessura de gordura garupa final (mm)	5,87	5,38

Fonte: Igarasi et al. (2008)

Huck et al. (1999) também não verificaram diferença no desempenho e nas características de carcaça de novilhas alimentadas com silagem de grão úmido de sorgo a 35% de umidade e milho floculado, quando fornecidos em iguais proporções da dieta total (78% da MS total da dieta). Segundo esses autores, a umidade do grão entre 30 e 35% acarretou melhoria no processo fermentativo, com aumento na produção de ácido láctico, proporcionando redução mais acentuada no pH. Houve também aumento de 6% na eficiência de ganho de peso total, quando se elevou a umidade de 25% para 35% na ensilagem do grão de sorgo, por causa, principalmente, da maior disponibilidade do amido às enzimas amilolíticas. Passini et al.

(2003) encontraram valor de digestibilidade total da MS de 93,58 e 96,71%, respectivamente, para a silagem de grão úmido de milho e a silagem de grão úmido de sorgo.

Sorgo na Alimentação Humana

O interesse no uso do sorgo grão como alimento humano tem crescido em diversos países, em especial, pelos seguintes fatores: a) não possui glúten e, por isso, é totalmente seguro para o desenvolvimento de produtos para pessoas celíacas; b) possui sabor neutro, o que é uma grande vantagem na indústria de alimentos; c) apresenta menor custo de produção, vislumbrando a possibilidade de redução dos custos na indústria alimentícia; d) apresenta uma variedade de compostos bioativos, com elevada capacidade antioxidante e com potencial para utilização em produtos com apelo funcional. Resultados de pesquisas realizadas no Brasil mostraram elevada aceitação de produtos elaborados com farinha de sorgo, comprovando, dessa forma, grande potencial do cereal para uso na alimentação humana no País (Queiroz et al., 2015).

No Brasil, alguns trabalhos já vêm sendo conduzidos objetivando a introdução do sorgo na alimentação humana, especialmente em produtos sem glúten. Adicionalmente, genótipos de sorgo introduzidos ou desenvolvidos no País vêm sendo avaliados quanto aos teores de diversos compostos de interesse para a nutrição e a saúde humanas, com resultados bastante promissores (Moraes et al., 2012; Cardoso et al., 2014; Queiroz et al., 2015; Anunciação et al., 2019). Diante dos esforços para promover o consumo de grãos integrais, é crescente a conscientização entre os consumidores que reconhecem os benefícios das propriedades antioxidantes e evocam uma nova visão em direção aos efeitos benéficos desses compostos para a saúde.

Diversos tipos de alimentos são preparados utilizando-se o sorgo como ingrediente em várias regiões do globo. Na África, o sorgo é consumido após um processo de fermentação ou não, na forma de pães como o kiswa (Sudão), mingaus como o kogobe (continente africano), ogi (Nigéria) ou o to (África Ocidental), dentre outros tipos de alimentos (Abdelghafor et al., 2011; Jadhav; Annapure, 2013; Ratnavathi; Patil, 2013). Na Índia, uma das principais formas de consumo do sorgo é o roti, um tipo de pão achatado que não utiliza fermento em sua formulação, além do annam (sorgo cozido), sankati e kanji, mingaus grosso e fino, respectivamente. Entretanto, por causa, principalmente, da urbanização e da facilidade de acesso a outros

cereais refinados, o consumo do sorgo apresentou ligeiro declínio nesse país, mas, segundo Ratnavathi e Patil (2013), após ser atribuído ao sorgo o título de alimento saudável, observou-se um novo aumento de seu consumo na Índia.

Sorgo para Bioenergia

A previsão para o esgotamento das fontes de petróleo para o futuro próximo e o apelo global pela redução na emissão de CO² de origem fóssil têm feito com que o mundo, incluindo o Brasil, busque fontes alternativas de energia, que possam ser empregadas diretamente e de maneira sustentável na produção de energia. Dentre essas, o etanol assume importância particular, pois agrega as vantagens principais de poluir menos e possuir características físico-químicas semelhantes às da gasolina. A cana-de-açúcar, tradicionalmente empregada na produção de álcool, se desenvolve bem no trópico úmido, apresentando rendimentos altos em açúcares por área cultivada (Lipinski; Kresovich, 1982).

O sorgo sacarino se assemelha à cana-de-açúcar, uma vez que o armazenamento de açúcares se localiza nos colmos, além de fornecer bagaço em quantidade suficiente para a geração de vapor para a operação industrial. Além disso, o sorgo sacarino produz grãos que podem ser utilizados principalmente para alimentação animal na propriedade rural. Diferentemente da cana-de-açúcar, ele pode ser cultivado a partir de sementes e apresenta um ciclo vegetativo bem mais curto, de 120 a 130 dias.

Em microdestilarias, os seus colmos podem ser processados na mesma instalação destinada à produção de etanol de cana-de-açúcar, oferecendo também uma quantidade de resíduo fibroso (bagaço) para gerar o vapor necessário para a operação industrial. Resultados experimentais mostram que o sorgo sacarino pode ser uma cultura complementar à cana-de-açúcar para produção de etanol, podendo ser colhido na entressafra dela, assim reduzindo o período de ociosidade da indústria e favorecendo o corte da matéria-prima após maturação completa (Teixeira et al., 1997).

Hill et al. (2009) pesquisaram a eficiência do etanol derivado da fermentação de carboidratos e do etanol celulósico na redução de emissões de gases de efeito estufa, em relação às emissões pela gasolina. Segundo os autores, quando se considera o preparo do solo e o sistema de plantio (envolvendo a utilização de fertilizantes, corretivos e defensivos), o etanol não apresenta vantagem em relação à gasolina, na quantidade de

gás emitida. Portanto, os autores concluem que as vantagens potenciais dos biocombustíveis dependem de aumentar a eficiência dos sistemas de produção nos cultivos e nas biorrefinarias.

A versatilidade do sorgo se traduz em diversas maneiras diretas e indiretas de produção de energia, com elevada capacidade de produção de carboidratos, gás, óleo, eletricidade ou de combustão/aquecimento, e alta capacidade de transformação em energia limpa. Contudo, Monti e Venturi (2003) afirmam que o balanço positivo dessas transformações varia amplamente em função das cultivares, dos sistemas de produção e da oferta ambiental. Ainda segundo esses autores, a eficiência energética de sorgo sacarino é significativamente diferente da observada em cultivares com maior produção de fibras (lignocelulósicos) ou cultivares de sorgo sacarino. Assim, o estabelecimento de condições ótimas para a produção de sorgo envolve o reconhecimento e o manejo de diversos fatores.

A Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino em 2008, em razão do potencial desta cultura na geração de energia renovável e da grande demanda por matéria-prima alternativa para produção de biocombustíveis. Em 2012, foram lançadas três variedades, BRS 508, BRS 509 e BRS 511, que apresentavam maior potencial produtivo, com produtividade de biomassa de 50 t.ha⁻¹ e produção de etanol de 60 L.t⁻¹ biomassa, totalizando 3.000 L/ha de etanol. Numa segunda fase do programa, foram desenvolvidas linhagens de sorgo sacarino macho estéril (A) com caldo e alto teor de açúcar (ART > 12,5%), as quais são utilizadas como fêmeas no desenvolvimento de híbridos. Os primeiros resultados com híbridos desenvolvidos com estas linhagens mostraram produtividades de biomassa entre 70 e 80 t ha⁻¹ com produção de etanol de 60L t⁻¹ biomassa. Desta forma, os novos híbridos experimentais apresentaram potencial produtivo superior a 4.000 L ha⁻¹ de etanol (Almeida et al., 2019).

Outra forma de aumentar a produção de etanol é através da tecnologia de segunda geração de biocombustíveis, com a primeira usina iniciando as operações no Brasil em 2014. Neste caso, a matéria-prima (biomassa vegetal) precisa passar por hidrólises para tornar os açúcares fermentescíveis, com vista à produção de biocombustível. O sorgo biomassa é uma cultura com grande potencial nesta área, em razão da alta produtividade e qualidade da biomassa (baixo teor de lignina). O sorgo biomassa também pode ser utilizado para esta tecnologia por causa do seu grande potencial produtivo, chegando a produzir mais de 90 t ha⁻¹ de biomassa em um ciclo de até seis

meses.

Testes estão sendo feitos para o uso do sorgo biomassa como palhada, no sistema de plantio direto. O sorgo biomassa possui crescimento inicial mais rápido do que o granífero, atingindo produção de matéria seca maior e de melhor qualidade do que o milheto, que é usado quando não é mais possível se plantar sorgo granífero (Borghi et al., 2020).

Referências

ABDELGHAFOR, R. F.; MUSTAFA, A. I.; IBRAHIM, A. M. H.; KRISHNAN, P. G. Quality of bread from composite flour of sorghum and hard white winter wheat. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2011.

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos: safra 2018/19: nono levantamento. Brasília, DF: Conab, 2019. 113 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ALMEIDA JÚNIOR, G. A.; COSTA, C.; CARVALHO, S. M. R.; PERSICHETTI JÚNIOR, P.; PANICHI, A. Desempenho de bezerros holandeses alimentados após o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 148-156, 2008.

ALMEIDA, E. F.; MOTA, J. H.; MENEZES, C. B.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO. **Scientia Plena**, v. 11, n. 12, p. 1-7, 2015.

ALMEIDA, L. G. F. de; PARRELLA, R. A. da C.; SIMEONE, M. L. F.; RIBEIRO, P. C. de O.; BARBOSA, G. M. P.; BRITO, P. L.; COSTA, A. S. V. da; SANTOS, A. S. dos Characterization of cell wall polysaccharides and cellulosic ethanol potential in genotypes of sorghum biomass. **International Journal of Development Research**, v. 9, n. 4, p. 26810-26820, 2019.

AMBRÓSIO, A. **Uso de sorgo grão inteiro e moído sobre o desempenho, digestibilidade e morfometria das vísceras de perus**. 2014. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

AMBRÓSIO, A.; FERNANDES, E. A.; REGINATTO, M. F.; LITZ, F. H.; CARVALHO, C. M. C.; FAGUNDES, N. S.; BARBOSA, L. A. J. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho sob o desempenho de perus aos 28 dias de idade. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 30., 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2013.

ANDRADE, J. B.; FERRARI JÚNIOR., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1169-1174, 2001.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; PEREIRA, L. G. R.; FONTES, D. O.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para leitões. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p. 713-718, 2008.

ANUNCIAÇÃO, P. C.; CARDOSO, L. de M.; ALFENAS, R. de C. G.; QUEIROZ, V. A. V.; CARVALHO, C. W. P. de; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Extruded sorghum consumption associated with a caloric restricted diet reduces body fat in over weight men: a randomized controlled trial. **Food Research International**, v. 110, p. 693-700, 2019.

ARROYO, J.; AUVERGNE, A.; DUBOIS, J. P.; LAVIGNE, F.; BIJJA, M.; FORTUNLAMOTHE, L. Influence of amount and form of sorghum in the diet on the performance of overfed geese. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 4, p. 849-854, 2013a.

ARROYO, J.; AUVERGNE, A.; DUBOIS, J. P.; LAVIGNE, F.; BIJJA, M.; BANNELIER, C.; MANSE, H.; FORTUN-LAMOTHE, L. Effects of substituting yellow corn for sorghum in geese diets on magret and foie grass quality. **Poultry Science**, v. 92, n. 9, p. 2448-2456, 2013b.

ASSUENA, V.; VILARDI, R. S.; JUNQUEIRA, O. M.; CASARTELLI, E. M.; LAURENTIZ, A. C.; DUARTE, K. F. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 93-99, 2008.

BALOGUN, R. O.; ROWE, J. B.; BIRD, S. H. Fermentability and degradability of sorghum grain following soaking, aerobic or anaerobic treatment. **Animal Feed Science Technology**, v. 120, n. 1/2, p. 141-150, 2005.

BENZ, J. M.; LINNEEN, S. K.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; NELSSSEN, J. L.; DEROUCHEY, J. M.; GOODBAND, R. D.; SULABO, R. C.; PRUSA, K. J. Effects of dried distillers grains with solubles on carcass fat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 11, p. 3666-3682, 2010.

BEZERRA, E. S.; TIESENHAUSEN, I. E. V. von; OLIVEIRA, A. I. G. et al. Valor nutricional das silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 22, p. 1044-1054, 1993.

BIAGI, J. D. Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de peletes e na economia da produção de rações. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia-SC. **Anais...** Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998. p. 57-70.

BORGHI, E.; SILVA, G. F. da; CALONEGO, J. C.; PARRELLA, R. A. da C.; ANTONIO, M. S. **Sorgo biomassa BRS 716 para produção de forragem e palha em sistema de plantio direto e preparo convencional com soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 216).

BRAUN, R. O.; PATTACINI, S. H.; SCOLES, G. E.; CERVELLINI, J. E. Productividad y calidad de grasa corporal en cerdos alimentados con cereales crudos y extruidos. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 215, p. 299-308, 2007.

BROWN, M. S.; KREHBIEL, C. R.; DUFF, G. C.; GALYEAN, M. L.; HALLFORD, D. M.; WALKER, D. A. Effect of degree of corn processing on urinary nitrogen composition, sérum metabolite and insulin profiles, and performance by finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2646-2474, 2000.

CARDOSO, L. M.; MONTINI, T. A.; PINHEIRO, S. S.; QUEIROZ, V. A. V.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Food Chemistry**, v. 152, p. 201-217, 2014.

CARVALHO, L. S. S.; FAGUNDES, N. S.; LITZ, F. H.; SAAR, A. G. L.; FERNANDES, E. A. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1757-1765, 2015.

CHEN, K. H.; HUBER, J. T.; THEURER C. B.; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J.; CHAN, S. C.; WU, Z.; SULLIVAN, J. L. Effect of steamflaking corn and sorghum grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 4, p. 1038-1043, 1994.

CLARINDO, R. L.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. M.; IMAIZUMI, H.; LIMA, N. V. A.; PEREIRA, E. M. Avaliação de fontes energéticas e proteicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 902-910, 2008.

CORREDOR, D. Y.; BEAN, S. S.; SCHOBER, T.; WANG, D. Effect of decorticating sorghum on ethanol production and composition of DDGS. **Cereal Chemistry**, v. 83, n. 1, p. 17-21, 2006.

COSTA, C.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C. Conservação de grãos úmidos de cereais para alimentação animal. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2002, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. Disponível em: <<https://www.cpap.embrapa.br/agencia/congressovirtual/pdf/portugues/03pt06.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

DANIEL, J. L. P.; ZOPOLLATO, M.; NUSSIO, L. G. A escolha do volumoso suplementar na dieta de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 261-269, 2011.

DELGADO-ELORDUY, A.; THEURER, C. B.; HUBER, J. T.; ALIO, A.; LOZANO, O.; SADIK, M.; CUNEO, P.; DE YOUNG, D.; SIMAS, J.; SANTOS, J. E. P.; NUSSIO, L.; NUSSIO, C.; WEBB JR., K. E.; TAGARI, H. Splanchnic and mammary nitrogen metabolism by dairy cows fed dry-rolled or steam-flaked sorghum grain. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 148-159, 2002a.

DELGADO-ELORDUY, A.; THEURER, C. B.; HUBER, J. T.; ALIO, A.; LOZANO, O.; SADIK, M.; CUNEO, P.; DE YOUNG, D.; SIMAS, J.; SANTOS, J. E. P.; NUSSIO, L.; NUSSIO, C.; WEBB JR., K. E.; TAGARI, H. Splanchnic and mammary nitrogen metabolism by dairy cows fed steam-rolled or steam-flaked corn. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 160-168, 2002b.

DIAS, A. M. A.; BATISTA, Â. M. V.; FERREIRA, M. de A.; LIRA, M. de A.; SAMPAIO, I. B. M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2086-2092, 2001.

DINIZ, F. V.; FERNANDES, E. A.; MUNDIN, S. A. P.; ALVES, M. B. R.; AQUINO, C. A. M.; CHIARELI, D. Desempenho de frangos de corte submetidos a dietas formuladas a base de milho e sorgo. In. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 4., 2002, Campinas. **Anais**. Campinas: [s.n.], 2002. p. 60.

DOZIER, W. A. Reducing utility cost in the feed mill. **Watt Poultry**, v. 53, p. 40-44, 2002.

DWEIKAT, I. Sorghum. In: KOLE, C.; JOSHI, C. P.; SHONNARD, D. R. (ed.). **Handbook of bioenergy crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2012. p. 483-501.

ETUK, E. B.; UKAEJIOFO, U. R. Tannin content and dietary effects of brown coat coloured sorghum on the performance of young local turkey. **Animal Production Research Advances**, v. 3, n. 2, p. 86-90, 2007.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Silagens**: do cultivo ao silo. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 210 p.

FEOLI, C. **Use of corn- and sorghum-based distillers dried grains with solubles in diets for nursery and finishing pigs**. 2008. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Kansas State University Manhattan, Kansas, 2008.

FERNANDES, L. O.; PAES, J. M. V.; REIS, R. A.; SILVA, E. A.; SOUZA, J. A. Cultivares de milho e sorgo para a produção de silagem: safra 2003/2004. **FAZU em Revista**, n. 6, p. 83-86, 2009.

FERNANDES, E. A.; CARVALHO, C. M. C.; LITZ, F. H.; MARTINS, J. M. S.; SILVEIRA, M. M.; SILVA, M. C. A.; BARBERO, L. M. Viabilidades técnica e econômica da utilização de grãos de sorgo para monogástricos. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 22-32, 2014a.

FERNANDES, E. A.; LITZ, F. H.; CARVALHO, C. M. C.; SILVEIRA, M. M.; SILVA, M. C. A. Perspectivas da demanda de grãos de sorgo para alimentação animal. In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014b. p. 1-14.

FERNANDES, E. A.; PEREIRA, W. J. S.; HACKENHAAR, L.; RODRIGUES, R. M.; TERRA, R. The use of whole grain sorghum in broiler feeds, **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, n. 3, p. 217-222, 2013.

FREITAS, G. A. R. **Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (*Zea mays* L.)**. 2002. 50 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, V.; SILVA, H. O. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 105-111, 2002.

FAO. **FAOSTAT Production crops**. Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 mar. 2020.

GARCIA, R. G.; MENDES, A. A.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; KOMIYAMA, C. M.; CALDARA, F. R.; NAA, I. A.; MARIANO, W. S. Implications of the use of sorghum in broiler production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, p. 257- 262, 2013.

GARCIA, R. G.; MENDES, A. A.; COSTA, C.; PAZ, I. C. L. A.; TAKAHASHI, S. E.; PELÍCIA, K. P.; KOMIYAMA, C. M.; QUINTEIRO, R. R. Desempenho e qualidade da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 634-643, 2005.

GOBESSO, A. A. O.; D'AURIA, E.; PREZOTTO, L. D.; RENNO, F. P. Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2011-2016, 2008.

GOMIDE, J. A.; ZAGO, C. P.; CRUZ, M. E.; EVANGELISTA, A. R.; GARCIA, R.; OBEID, J. A. Milho e sorgo em cultivos puros ou consorciados com soja, para produção de silagens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 16, p. 308-317, 1987.

HARBORTH, K. W.; MARSTON, T. T.; LLEWELLYN, D. A. **Comparison of corn and grain sorghum dried distillers grains and protein supplements for growing beef heifers**. Manhattan: Kansas State University, 2006. Report of Progress 959. Disponível em: <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/4372/cattle06pg3-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 nov. 2020.

HERRERA, R.; PÉREZ, A.; ARECE, J. Utilization of sorghum grain and forage from ligneous plants in pig fattening. **Pastos y Forrajes**, v. 36, n. 1, p. 64-71, 2013.

HILL, J.; POLASKY, S.; NELSON, E.; TILMAN, D.; HUO, H.; LUDWIG, L.; NEUMANN, J.; ZHENG, H.; BONTA, D. Climate change and health costs of air emissions from biofuels and gasoline. **Proceedings of the Nacional Academy of Sciences of the United of the States of America**, v. 106, n. 6, p. 2077-2082, 2009.

HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; BOLSEN, K. K. Effects of reconstituting field dried and early harvested sorghum grain on the ensiling characteristics of the grain and growth performance and carcass merit of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 1074-1081, 1999.

IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. B.; SOUZA, A. A.; SILVEIRA, A. C.; MARTINS, C. L.; OLIVEIRA, H. N. Desempenho de bovinos jovens alimentados com dietas contendo grão úmido de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 513-519, 2008.

JACELA, J. Y.; FROBOSE, H. L.; DeROUCHEY, J. M.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. Amino acid digestibility and energy concentration of high-protein corn dried distillers grains and high-protein sorghum dried distillers grains with solubles for swine. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 11, p. 3617-3623, 2010.

JADHAV, M. V.; ANNAPURE, U. S. Effect of extrusion process parameters and particle size of sorghum flour on expanded snacks prepared using different varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 3, p. 71-85, 2013.

JOBIM, C. C.; BRANCO, A. B.; SANTOS, G. T. Silagem de grãos úmidos na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2003. p. 357-376.

JORDAN, K. E.; NEMECHEK, J.; GONCALVES, M. A.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M.; WOODWORTH, J. C. Effects of increasing crystalline amino acids in sorghum- or maize-based diets on nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 269, 2015. Suppl. 2.

KUBECKA, B. **Sorghum plays role in ethanol's impact**. 2011. Disponível em: <<http://www.ethanolproducer.com/articles/7408/sorghum-plays-role-in-ethanolundefineds-impact>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

LANDAU, E. C.; NETTO, D. A. M. **Expansão potencial da produção de sorgo granífero no Brasil no sistema de rotação com soja considerando o zoneamento de risco climático 2015/16**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 27 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 125).

LIPINSKI, E. S.; KRESOVICH, S. Sugar crops as a solar energy converters. **Experientia**, v. 38, p. 13-17, 1982.

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A.; ANTUNES, R. C.; GIRÃO, L. V. C.; FERREIRA, A. M. S.; LIMÃO, V. A.; BUENO, J. P. R. Parâmetros zootécnicos e desenvolvimento da moela de frangos de corte em dietas de sorgo grão e a inclusão de carotenoides. **Arquivo Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 2, p. 607-614, 2020.

LODGE, S. L.; KLOPFENSTEIN, T. J.; SHAIN, D. H.; HEROLD, D. W. Evaluation of corn and distillers byproducts. **Journal of Animal Sciences**, v. 75, p. 37-43, 1997.

LUSK, J. W.; KARAU, P. K.; BALOGU, D. O.; GOURLEY, L. M. Brown mibrid sorghum or corn silage for milk production. **Journal Dairy Science**, v. 67, n. 8, p. 1739-1744, 1984.

McCUISTION, K. C.; SELLE, P. H.; LIU, S. Y.; GOODBAND, R. D. Sorghum as a feed grain for animal production. In: TAYLOR, J. R. N.; DUODU, K. G. (ed.). **Sorghum and millets: chemistry, technology, and nutritional attributes**. 2^oed. Washington: AACCC International Press, 2019. p. 355-391.

MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2004.

MENEZES, C. B. de. A opção interessante do sorgo. **A Granja**, v. 76, n. 856, p. 35-36. 2020.

MENEZES, C. B. de; COELHO, A. M.; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MENDES, S. M.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J. A. S. É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil? In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. p. 106-139.

MENEZES, C. B. de; SILVA, A. F. da; TARDIN, F. D. Sorgo safrinha. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 293-308. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MITZNER, K. C.; OWEN, F. G.; GRANT, R. J. Comparison of sorghum and corn grains in early and midlactation diets for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 1044-1051, 1994.

MONTI, A.; VENTURI, G. Comparison of the energy performance of fibre sorghum, sweet sorghum and wheat monocultures in northern Italy. **European Journal of Agronomy**, v. 19, p. 35-43, 2003.

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; DE PAULA, S. O.; BENJAMIM, L. D. A., RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunal morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v. 49, p. 553-559, 2012.

MOREAU, R. A.; NGHIEM, N. P.; ROSENTRATER, K. A.; JOHNSTON, D. B.; HICKS, K. B. Ethanol production from starch-rich crops other than corn and the composition and value of the resulting DDGS. In: LIU, K.; ROSENTRATER, K. A. (ed.). **Distillers grains**: production, properties, and utilization. Urbana: AOCS Publishing, 2012. p. 103-117.

MOURA, A. M. A.; FONSECA, J. B.; RABELLO, C. B. V.; TAKATA, F. N.; OLIVEIRA, N. T. E. de. Desempenho e qualidade do ovo de codornas japonesas alimentadas com rações contendo sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2697-2702, 2010.

MUCK, R. E. Potential of energy production from conserved forages. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2011. p. 1-22.

MURTA, G. P. O.; FERNANDES, E. A.; OLEGÁRIO, M. M. M.; SILVA, C. B.; PEREIRA, P. C. Efeito da moagem do sorgo grão sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, p. 32, 2004. Suplemento 6.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; RESTLE, J.; SANDINI, I. E.; ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partículas e da altura da colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 847-854, 2007.

NICHOLS, N. N.; BOTHAST, R. J. Production of ethanol from grain. In: VERMERRIS, W. (ed.). **Genetic improvement of bioenergy crops**. New York: Springer, 2008. p. 75-88.

NICHOLS, S. W.; FROETSCHER, M. A.; AMOS, H. E.; ELY, L. O. Effects of fiber from tropical corn and forage sorghum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 9, p. 2383-2393, 1998.

NIKKHAH, A.; ALIHHANI, M.; AMANLOU, H. Effects of feeding ground or steam-flaked broom sorghum and ground barley on performance of dairy cows in midlactation. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 1, p. 122-130, 2004.

NUMMER FILHO, I. Silagem de grão úmido. **Pork World**, v. 1, n. 2, p. 38-42, 2001.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; PAZIANI, S. de F.; SANTOS, F. A. P.; CAMPOS, F. P. de. Volumosos suplementares: estratégias de decisão e utilização. In: EVANGELISTA, A. R.; SILVEIRA, P. J.; ABREU, J. G. (ed.). **Forragicultura e pastagens: temas em evidência**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 193-232.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 868-879, 1997.

OWENS, F. N.; ZINN, R. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, El Centro, CA. **Proceedings...** El Centro: University of California, 2005, p. 86-112.

PASSINI, R.; RODRIGUES, P. H. M.; CASTRO, A. L.; SILVEIRA, A. C. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1266-1274, 2003.

PEIXOTO, L. A. O.; ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J. Grão seco ou silagem de grão úmido de sorgo como fonte energética para bezerras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2003].

PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, A. P.; MARTINS, F. H.; VIANA, V. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2006.

PIRES, D. A. A. **Consumo e digestibilidade aparente em ovinos de silagens de sorgo com e sem taninos nos grãos**. 2003, 53f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B. de; BARROS, F. A. R. de; MARTINO, H. S. D. O sorgo na alimentação humana. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 247-266. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

RATNAVATHI, C.; PATIL, J. Sorghum utilization as food. **Journal of Nutrition and Food Science**, v. 4, n. 1, article 1000247, 2013.

REIS, V. E. A. **Desempenho produtivo e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais semipesadas alimentadas com sorgo**. 2004. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).

RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, T. E.; SILVA, H. O.; GONÇALVES, T. M. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 2, p. 91-100, 2002.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 252 p.

SANTOS, F. A. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J. M.; CHEN, K. H.; YU, P. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded levels of ruminally degradable protein. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 1, p. 215-220, 1998.

SANTOS, J. E. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; NUSSIO, L. G.; TARAZON, M.; SANTOS, F. A. Response of lactating dairy cows to steam-flaked sorghum, steam-flaked corn or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 4, p. 728-737, 1999.

SANTOS, J. E. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; NUSSIO, C. B.; NUSSIO, L. G.; TARAZON, M.; FISH, D. Effects of grain processing and bovine somatotropin on metabolism and ovarian activity of dairy cows during early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 5, p. 1004-1015, 2000.

SANTOS, F. A. P.; PEREIRA, E. M.; PEDROSO, A. M. Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE: PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004.

SHAPOURI, H.; SALASSI, M. **The economics feasibility of ethanol production from sugar in the United States**. Washington: USDA-ERS, 2006. 69 p. Disponível em: <https://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_File/ethanol_fromsugar_july06.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

SCHEUERMANN, N. G. **Utilização do sorgo em rações para frangos de corte**. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998. 3 p. (Embrapa-CNPSA. Instrução Técnica para o Avicultor, 9).

SILVA M. C. A.; CAROLINO, A. C. X. G.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. A.; MENDONÇA, G. A. Effects of sorghum on broilers gastrointestinal tract. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, n. 1, p. 95-102, 2015.

SILVA, M. C. A.; CAROLINO, A. C. X. G.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. A. Sorgo grão inteiro na ração preinicial de pintinhos de corte e os efeitos sobre o desenvolvimento corporal e do tubo gastrintestinal. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2769-2782, 2014.

SILVEIRA, M. M. **Estudo de programas nutricionais alternativos na dieta de frangos de corte com o uso do grão inteiro de sorgo**. 2014. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SOTAK, K. M.; GOODBAND, M. D.; TOKACH, S. S.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M.; NELSEN, J. L. The effects of corn or sorghum based diets with or without sorghum dried distillers grains with solubles on lactating-sow and litter performance. **The Professional Animal Scientist**, v. 31, n. 3, p. 185-190, 2015.

STEIN, H. H.; LAGOS, L. V.; CASAS, G. A. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 218, p. 33-69, 2016.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; BEISMAN, D. A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 17, n. 3, p. 221-229, 1997.

THEURER, C. B.; LOZANO, O.; ALIO, A.; DELGADOELORDUY, A.; SADIK, M.; HUBER, J. T.; ZINN, R. A. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 10, p. 2824-2831, 1999.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 57).

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. (ed.). **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 239 p.

WEBER, I. F.; FEDDERN, V.; VIEIRA, O. F. V.; VIEIRA, J. C.; LIMA, G. J. M. M. Ocorrência de micotoxinas em farelos de soja, trigo e sorgo no Brasil nos anos de 2016 e 2017. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 6., 2018, Gramado. **Desvendando mitos: anais**. Porto Alegre: UFGRS; Campinas: SBCTA, 2018.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991.

ZAGO, C. P. Silagem de sorgo de alto valor nutritivo. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 519-544.

ZINN, R. A.; OWENS, F. N.; WARE, R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 5, p. 1145-1156, 2002.